

## **Verbundwerkstoff, Verfahren zur Herstellung eines Verbundwerkstoffs und Verwendung desselben**

Die Erfindung betrifft einen Verbundwerkstoff, ein Verfahren zur Herstellung eines Verbundwerkstoffs und die Verwendung desselben.

Moderne Gasturbinen, insbesondere Flugtriebwerke, müssen höchsten Ansprüchen im Hinblick auf Zuverlässigkeit, Gewicht, Leistung, Wirtschaftlichkeit und Lebensdauer gerecht werden. In den letzten Jahrzehnten wurden insbesondere auf dem zivilen Sektor Flugtriebwerke entwickelt, die den obigen Anforderungen voll gerecht werden und ein hohes Maß an technischer Perfektion erreicht haben. Bei der Entwicklung von Flugtriebwerken spielt unter anderem die Werkstoffauswahl sowie die Suche nach neuen, geeigneten Werkstoffen eine entscheidende Rolle.

Die wichtigsten, heutzutage für Flugtriebwerke oder sonstige Gasturbinen verwendeten Werkstoffe sind Titanlegierungen, Nickellegierungen (auch Superlegierungen genannt) und hochfeste Stähle. Die hochfesten Stähle werden insbesondere für Wellenteile und Getriebeteile und für Verdichtergehäuse sowie Turbinengehäuse verwendet. Titanlegierungen sind typische Werkstoffe für Verdichterteile, Nickellegierungen sind für die heißen Teile des Flugtriebwerks geeignet.

Eine sehr vielversprechende Gruppe eines neuen Werkstoffs für künftige Generationen für Flugtriebwerke sind sogenannte faserverstärkte Verbundwerkstoffe. Moderne Verbundwerkstoffe verfügen über ein Trägermaterial, welches als eine Polymer-, eine Metall- oder eine Keramikmatrix ausgebildet sein kann, sowie über in das Trägermaterial eingebettete Fasern.

Die hier vorliegende Erfindung betrifft einen Verbundwerkstoff, bei welchem das Trägermaterial als Metallmatrix ausgebildet ist. Einen derartigen Werkstoff bezeichnet man auch als Metallmatrix-Verbundwerkstoff - kurz MMC genannt. Bei hochfesten MMC-Werkstoffen, bei denen Titan als Trägermaterial zum Einsatz kommt, kann das

Gewicht von Bauteilen um bis zu 50 % gegenüber herkömmlichen Titanlegierungen reduziert werden. Als Verstärkungen werden Fasern mit hoher Festigkeit und hohem Elastizitätsmodul verwendet.

Aus dem Stand der Technik sind bereits derartige faserverstärkte Verbundwerkstoffe bekannt. So offenbart die EP 0 490 629 B1 einen Vorformling für einen Verbundwerkstoff mit einer Folie, wobei die Folie eine Rille und eine in der Rille angeordnete, fadenförmige Verstärkung aufweist, und wobei der Vorformling die Form eines Rings oder einer Scheibe besitzt. Zur Herstellung einer mehrschichtigen Verbundstruktur wird gemäß der EP 0 490 629 B1 so vorgegangen, dass mehrere derartige Vorformlinge überlagert werden, wobei die Vorformlinge unter Hitze und Druck zu einem völlig dichten Verbundwerkstoff verfestigt werden. Weitere Verbundwerkstoffe und Verfahren zur Herstellung derselben sind aus der EP 0 909 826 B1, der US 4,697,324 und der US 4,900,599 bekannt.

Hiervon ausgehend liegt der vorliegenden Erfindung das Problem zu Grunde, einen neuartigen Verbundwerkstoff und ein neuartiges Verfahren zur Herstellung von Verbundwerkstoffen zu schaffen.

Dieses Problem wird durch einen Verbundwerkstoff mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst. Der Verbundwerkstoff verfügt über ein Trägermaterial und mindestens eine in das Trägermaterial eingebettete Faser. Erfindungsgemäß liegt in einem inneren Abschnitt ein Verbund aus Trägermaterial und Fasern vor, wohingegen in einem äußeren Abschnitt das Trägermaterial ausschließlich vorliegt, wobei die Fasern in den äußeren Abschnitt, in welchem das Trägermaterial ausschließlich vorliegt, zur festigkeitsoptimierenden Verzahnung von innerem Abschnitt und äußerem Abschnitt unterschiedlich weit hineinragen.

Nach einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung enden die Fasern benachbart zu einer innenliegenden Öffnung mit gleichem Abstand zur Öffnung, benachbart zum äußeren Abschnitt hingegen, in welchem das Trägermaterial ausschließlich vorliegt, ist dieser Abstand unterschiedlich ausgebildet.

Das erfindungsgemäße Verfahren zum Herstellen eines Verbundwerkstoffs ist im unabhängigen Patentanspruch 6 definiert. Das Verfahren dient der Herstellung eines Verbundwerkstoffs aus einem Trägermaterial und aus mindestens einer in das Trägermaterial eingebetteten Faser.

Vorzugsweise wird eine Ausnehmung in die Scheibe eingebracht, deren Tiefe größer als der Durchmesser der Faser ist, derart, dass bei einer in die Ausnehmung eingelegten Faser Stege aus Trägermaterial über die Faser vorstehen.

Nach einer vorteilhaften Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die oder jede Faser derart in die oder jede Ausnehmung der entsprechenden Scheibe eingelegt, dass in einem inneren Abschnitt ein Verbund aus Trägermaterial und Faser vorliegt, wohingegen in einem äußeren Abschnitt das Trägermaterial ausschließlich vorliegt. Die Scheiben werden derart gestapelt, dass die Fasern der gestapelten Scheiben in einen äußeren Abschnitt, in welchem das Trägermaterial ausschließlich vorliegt, zur festigkeitsoptimierenden Verzahnung von innerem Abschnitt und äußerem Abschnitt unterschiedlich weit hineinragen.

Bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden, ohne hierauf beschränkt zu sein, an Hand der Zeichnung näher erläutert. In der Zeichnung zeigt:

Fig. 1: eine Scheibe aus Trägermaterial in schematisiertem Querschnitt;

Fig. 2: einen stark vergrößerten Ausschnitt aus der Scheibe gemäß Fig. 1 mit einer in die Scheibe eingebrachten Ausnehmung;

Fig. 3: die Anordnung gemäß Fig. 1 mit einer in der Ausnehmung eingelegten Faser;

- Fig. 4: eine Schiebe aus Trägermaterial mit einer eingebetteten Faser in schematisiertem Querschnitt;
- Fig. 5: das Detail V der Fig. 4;
- Fig. 6: mehrere übereinander angeordnete Scheiben aus Trägermaterial mit eingebetteten Fasern in schematisiertem Querschnitt,
- Fig. 7: einen Ausschnitt aus der Anordnung gemäß Fig. 6; und
- Fig. 8: einen erfindungsgemäßen Verbundwerkstoff in schematisiertem Querschnitt.

Unter Bezugnahme auf Fig. 1 bis 8 werden nachfolgend die Details des erfindungsgemäßen Verbundwerkstoffs sowie des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Herstellung des Verbundwerkstoffs im größeren Detail beschrieben.

Der erfindungsgemäße Verbundwerkstoff verfügt über ein Trägermaterial aus Titan oder einer Titanlegierung sowie über mehrere in das Trägermaterial eingebettete Fasern. Bei den Fasern handelt es sich vorzugsweise um Keramikfasern aus Silizium-Carbonat. Der erfindungsgemäße Verbundwerkstoff wird aus mehreren Scheiben aus Trägermaterial gebildet, wobei in jeder Scheibe eine Faser eingebettet ist. Mehrere solcher Scheiben mit einer darin eingebetteten Faser sind zur Bildung des erfindungsgemäßen Verbundwerkstoffs übereinander gestapelt und miteinander verbunden. Zur Einbettung der Faser in die jeweilige Scheibe aus Trägermaterial ist in die Scheibe eine Ausnehmung eingebracht. In die Ausnehmung ist die entsprechende Faser eingelegt und allseitig von Trägermaterial umgeben, so dass die Faser in die Scheibe eingebettet ist.

Fig. 1 zeigt eine Scheibe 10 aus Trägermaterial, nämlich aus Titan, in stark schematisiertem Querschnitt. In einem mittleren Bereich verfügt die Scheibe 10 über eine Bohrung 11.

Zur Herstellung des erfindungsgemäßen Verbundwerkstoffs wird nach einem ersten Schritt des erfindungsgemäßen Verfahrens in eine Stirnseite 12 der Scheibe 10 eine Ausnehmung eingebracht. Fig. 2 zeigt ein stark vergrößertes Detail der Scheibe 10 im Bereich der Stirnseite 12. Bei der Ausnehmung 13, die in die Stirnseite 12 der Scheibe 10 eingebracht wird, handelt es sich um eine spiralförmige Nut. Die spiralförmige Nut erstreckt sich demnach ausschließlich auf einer Stirnseite 12 der Scheibe 10 von innen nach außen.

Nachdem die spiralförmige Ausnehmung 13 in die Oberseite 12 der Scheibe 10 eingebracht worden ist, wird eine Faser 14 in die spiralförmige Ausnehmung 13 eingelegt. Fig. 3 kann entnommen werden, dass Stege 15 aus Trägermaterial bei eingelegter Faser 14 über der Faser 14 vorstehen. Die Tiefe der spiralförmigen Ausnehmung 13 ist demnach größer als der Durchmesser der Faser 14.

Durch die Ausnehmung 13 wird eine exakte Führung für die Faser 14 bereitgestellt. Die Position der Faser 14 innerhalb der Scheibe 10 bzw. innerhalb des Trägermaterials wird hierdurch exakt vorgegeben.

In einem weiteren Schritt des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die Anordnung gemäß Fig. 3 einem superplastischen Umformprozess unterzogen. Hierzu wird die Scheibe 10 bzw. das Trägermaterial auf eine Umformtemperatur erhitzt und durch uniaxiales Pressen werden die Stege 15 derart superplastisch umgeformt, dass anschließend die Faser 14 im Sinne der Fig. 5 allseitig von Trägermaterial umgeben ist und somit die Faser 14 in das Trägermaterial eingebettet ist. Fig. 5 kann entnommen werden, dass die Position der Faser 14 auch nach dem superplastischen Umformen der Stege 15 erhalten bleibt. Beim superplastischen Umformen wird das Trägermaterial verdichtet.

Fig. 4 zeigt eine Scheibe 10 aus Trägermaterial mit der in der Scheibe 10 eingebetteten Faser 14 in stark schematisiertem Querschnitt. Die Faser 14 ist allseitig von Trägermaterial umgeben und demnach in das Trägermaterial eingebettet.

Zur Herstellung des eigentlichen Verbundwerkstoffs werden in einem nächsten Schritt des erfindungsgemäßen Verfahrens im Sinne der Fig. 6 mehrere Scheiben 10 mit in den Scheiben 10 eingebetteten Fasern 14 übereinander angeordnet und auf diese Art und Weise ringförmig bzw. zylinderförmig gestapelt. Die übereinander angeordneten sowie gestapelten Scheiben 10 werden dann durch Diffusionsschweißen unter geringem axialen Druck gefügt bzw. miteinander verbunden. Hierdurch wird letztendlich der erfindungsgemäße Verbundwerkstoff bereitgestellt.

Vor der Stapelung der Scheiben 10 im Sinne der Fig. 6 erfolgt vorzugsweise eine Prüfung der Scheiben 10 mit den in den Scheiben 10 eingebetteten Fasern 14 auf Risse im Trägermaterial sowie auf Brüche in den Fasern 14. Diese Überprüfung kann mit Ultraschall, Röntgen oder Tomographie erfolgen. Wird ein derartiger Riss bzw. Bruch festgestellt, so wird die Scheibe 10 verworfen. Wird bei der Überprüfung festgestellt, dass kein Riss und kein Bruch in der Faser 14 vorliegt, so kann die Scheibe 10 zur Stapelung verwendet werden.

Fig. 7 zeigt einen Ausschnitt aus der Anordnung gemäß Fig. 6 im Bereich von drei übereinander angeordneten und miteinander verbundenen Scheiben 10. So kann Fig. 7 entnommen werden, dass die in einer Scheibe 10 eingebettete Faser 14 versetzt zu den Fasern 14 der beiden benachbarten Scheiben 10 verläuft. Hierdurch kann eine hexagonale Packung der Fasern 14 erzielt werden. Wie Fig. 7 entnommen werden kann, verläuft eine Faser 14 derart spiralförmig innerhalb einer Scheibe 10, dass im Querschnitt die sich hierbei ergebenden Mittelpunkte der Faser 14 einer Scheibe 10 zwischen den entsprechenden Mittelpunkten der Faser 14 einer benachbarten Scheibe 10 angeordnet sind.

Fig. 6 kann entnommen werden, dass jede Faser 14 innerhalb jeder Scheibe 10 mit einem Abstand zu einem äußeren, seitlichen Ende der jeweiligen Scheibe endet. Gemäß Fig. 6 ist dieser Abstand für jede Scheibe unterschiedlich. Benachbart zur innenliegenden Öffnung 11 ist hingegen der seitliche Abstand der Fasern 14 zur Öffnung 11 gleich ausgebildet. Durch die unterschiedlichen seitlichen Abstände zwischen den Fasern 14 und dem äußeren, seitlichen Ende der Scheiben 10 lassen sich graduelle Änderungen in den elastischen Eigenschaften des Verbundwerkstoffs erzie-

len. Weiterhin wird einer Verzahnung zwischen den unverstärkten und faserverstärkten Bereichen des Verbundwerkstoffs erzielt, was die Festigkeitseigenschaften positiv beeinflusst.

Fig. 8 zeigt einen stark schematisierten Querschnitt durch einen erfindungsgemäßen Verbundwerkstoff. Dieser wurde, wie oben beschrieben, hergestellt. Gemäß Fig. 8 sind in einem innenliegenden Abschnitt 16 des Verbundwerkstoffs die Fasern 14 in das Trägermaterial eingebettet. In einem außenliegenden Abschnitt 17 hingegen liegt das Trägermaterial ausschließlich vor. Dies bedeutet, dass im außenliegenden Abschnitt 17 lediglich Titan vorliegt. Dies ist dann von Vorteil, wenn der Verbundwerkstoff einer weiteren Bearbeitung, zum Beispiel durch Fräsen, unterzogen werden soll. Beim Fräsen dürfen nämlich die Fasern 14 nicht beschädigt werden. Eine spätere Fräsbearbeitung des Verbundwerkstoffs kommt demnach ausschließlich im Bereich des Abschnitts 17 in Betracht, in welchem das Trägermaterial ausschließlich vorliegt. Weiterhin kann Fig. 8 nochmals das Detail entnommen werden, dass die Fasern 14 benachbart zur innenliegenden Öffnung mit gleichem Abstand zur Öffnung enden, am äußeren Ende hingegen, benachbart zum Abschnitt 17, in welchem das Trägermaterial ausschließlich vorliegt, dieser Abstand unterschiedlich ausgebildet ist. Die radiale Abstufung der Fasern 14 im Abschnitt 16 relativ zum Abschnitt 17 bewirkt eine festigkeitsoptimierende Verzahnung der beiden Abschnitte 16 und 17.

Nach dem oben beschriebenen, erfindungsgemäßen Verfahren zur Herstellung des erfindungsgemäßen Verbundwerkstoffs wird demnach in groben Zügen, wie folgt, vorgegangen:

In einem ersten Schritt werden mehrere Scheiben aus Trägermaterial, nämlich Titan, auf einer Stirnseite derselben mit einer spiralförmigen Ausnehmung versehen. In einem zweiten Schritt wird in diese spiralförmige Ausnehmung eine Faser aus Silizium-Carbonat eingelegt. Darauffolgend wird in einem dritten Schritt die Scheibe mit der in die Scheibe eingelegten Faser durch superplastisches Umformen konsolidiert. Darauffolgend ist die Faser allseitig von Trägermaterial umgeben bzw. in das Trägermaterial eingebettet. In einem nächsten Schritt erfolgt eine Überprüfung der so hergestellten Scheiben mit in den Scheiben eingebetteten Fasern auf Risse im Träger-

material sowie Brüche in den Fasern. Ergibt diese Prüfung, dass weder ein Riss noch ein Faserbruch vorliegt, so werden die entsprechenden Scheiben zu Ringen gestapelt. Die Stapelung aus mehreren Ringen wird sodann in einem weiteren Schritt des erfindungsgemäßen Verfahrens einem Diffusionsschweißen unterzogen, so dass benachbarte Scheiben miteinander verbunden werden. Nach Vollendung dieses Fügeschritts kann in einem weiteren Schritt eine Endbearbeitung des Verbundwerkstoffs, zum Beispiel durch Fräsen, erfolgen.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist zuverlässig und kostengünstig. Beim erfindungsgemäßen Verfahren handelt es sich um einen vollautomatisierbaren Prozess mit integrierter Überprüfung und damit Qualitätssicherung. Da jede Scheibe hinsichtlich ihrer Qualität überprüft werden kann, können Fehler im Verbundwerkstoff rechtzeitig erkannt und damit vermieden werden. Ausschuss wird damit reduziert. Ein weiterer Vorteil ist darin zu sehen, dass eine exakte Lage der Fasern in dem Verbundwerkstoff vorgegeben und eingehalten wird. Neben der bevorzugten spiralförmigen Anordnung der Fasern im Verbundwerkstoff sind auch komplexere Faserführungen, zum Beispiel sternförmige Faserführungen, möglich. Bei der Erfindung kann auf eine Titanbeschichtung der Fasern, wie diese nach dem Stand der Technik erforderlich ist, verzichtet werden. Ein weiterer Vorteil liegt darin, dass keine extrem langen Fasern verwendet werden müssen. Durch die Führung der Fasern in Ausnehmungen können Faser endlicher Länge eingesetzt werden.

Der erfindungsgemäße Verbundwerkstoff zeichnet sich demnach durch eine exakte Lage der Fasern innerhalb des Trägermaterials aus. Der erfindungsgemäße Verbundwerkstoff ist durch mehrere zusammengefügte Scheiben aus Trägermaterial gebildet, wobei innerhalb jeder Scheibe eine spiralförmig verlaufende Faser eingebettet ist. Die Fasern enden mit Abstand zu einem seitlichen, äußeren Ende des Verbundwerkstoffs, so dass in einem äußeren Bereich desselben das Trägermaterial ausschließlich vorliegt, wobei in diesem Bereich eine spätere Fräsbearbeitung des Verbundwerkstoffs erfolgen kann.

Der Vollständigkeit halber sei angemerkt, dass in eine Ausnehmung auch mehrere Fasern eingebettet sein können, und dass in eine Scheibe auch mehrere, ineinander



verschachtelte Ausnehmungen eingebracht sein können, wobei jede dieser Ausnehmungen wiederum eine oder mehrere Fasern aufnehmen kann. Das gezeigte Ausführungsbeispiel, bei welchem jede Scheibe eine Ausnehmung zur Aufnahme einer Faser aufweist, ist jedoch bevorzugt.

Der erfindungsgemäße Verbundwerkstoff eignet sich insbesondere zur Verwendung als Werkstoff bei der Herstellung von Ringen mit integraler Beschau felung für Flugzeugtriebwerke, die auch als sogenannte Bladed Rings (Blings) bezeichnet werden.

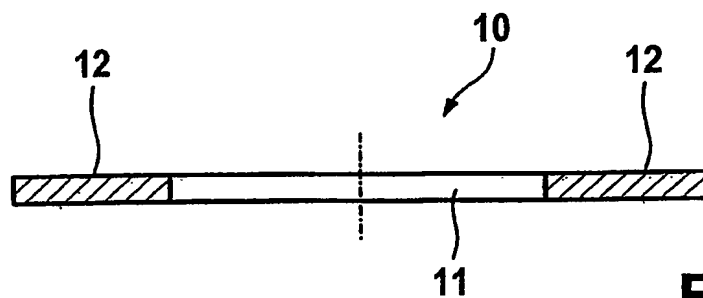
## Patentansprüche

1. Verbundwerkstoff aus mehreren zusammengefügtten Scheiben (10) aus Trägermaterial, wobei vorzugsweise in jede Scheibe (10) mindestens eine Ausnehmung (13) zur Aufnahme mindestens einer Faser (14) eingebracht ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** in einem inneren Abschnitt (16) ein Verbund aus Trägermaterial und Faser (14) vorliegt, wohingegen in einem äußeren Abschnitt (17) das Trägermaterial ausschließlich vorliegt, und dass die Fasern (14) in den äußeren Abschnitt (17), in welchem das Trägermaterial ausschließlich vorliegt, zur festigkeitsoptimierenden Verzahnung von innerem Abschnitt (16) und äußerem Abschnitt (17) unterschiedlich weit hineinragen.
2. Verbundwerkstoff nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Fasern (14) benachbart zu einer innenliegenden Öffnung (11) mit gleichem Abstand zur Öffnung (11) enden, benachbart zum äußeren Abschnitt (17) hingegen, in welchem das Trägermaterial ausschließlich vorliegt, dieser Abstand unterschiedlich ausgebildet ist.
3. Verbundwerkstoff nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die oder jede Ausnehmung (13) spiralförmig ausgebildet ist, derart, dass die oder jede Faser (14) innerhalb des Trägermaterials spiralförmig verläuft.
4. Verbundwerkstoff nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Abstand, mit welchem die oder jede Ausnehmung (13) zu dem äußeren Ende der jeweiligen Scheibe (10) endet, für jede Scheibe individuell angepasst ist.
5. Verbundwerkstoff nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Trägermaterial aus Titan oder einer Titanlegierung besteht, und dass die Fasern als Silizium-Carbonat (SiC)-Fasern ausgebildet sind.

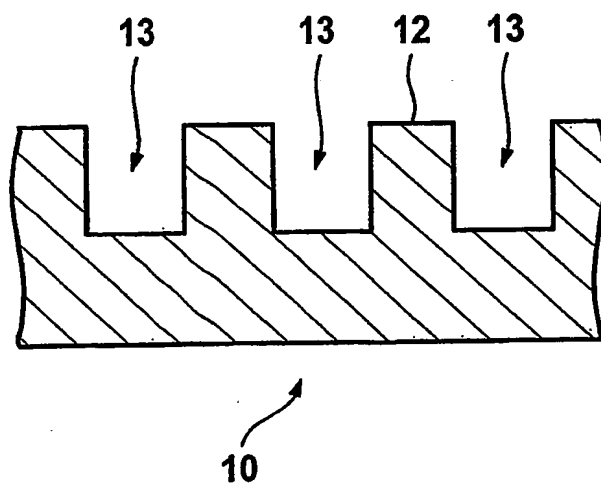
6. Verfahren zur Herstellung eines Verbundwerkstoffs aus mehreren zusammengefügtten Scheiben (10) aus Trägermaterial, wobei vorzugsweise in jede Scheibe (10) mindestens eine Ausnehmung (13) zur Aufnahme mindestens einer Faser (14) eingebracht ist, mit folgenden Schritten:
  - a) Bereitstellen mehrerer Scheiben (10) aus Trägermaterial,
  - b) Einbringen mindestens einer Ausnehmung (13) in vorzugsweise jede Scheibe (10) und darauffolgendes Einlegen mindestens einer Faser (14) in die oder jede Ausnehmung (13) der entsprechenden Scheibe (10),
  - c) Konsolidieren der entsprechenden Scheibe (10), derart, dass die oder jede Faser (14) allseitig von Trägermaterial umgeben bzw. in das Trägermaterial der entsprechenden Scheibe (10) eingebettet ist,
  - d) Stapeln von konsolidierten Scheiben (10),
  - e) Verbinden der gestapelten Scheiben (10) durch einen Fügenschritt.
7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** in Zusammenhang mit Schritt b) die oder jede Faser (14) derart in die oder jede Ausnehmung (13) der entsprechenden Scheibe (10) eingelegt wird, dass in einem inneren Abschnitt (16) ein Verbund aus Trägermaterial und Faser (14) vorliegt, wohingegen in einem äußeren Abschnitt (17) das Trägermaterial ausschließlich vorliegt.
8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** in Zusammenhang mit Schritt b) eine Ausnehmung (13) in die Scheibe (10) eingebracht wird, deren Tiefe größer als der Durchmesser der Faser (14) ist, derart, dass bei in die Ausnehmung (13) eingelegter Faser (14) Stege (15) aus Trägermaterial über die Faser (14) vorstehen.
9. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 6 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** in Zusammenhang mit Schritt c) das Trägermaterial mit der oder jeder darin eingelegten Faser (14) einem superplastischem Umformen unterzogen wird, derart, dass die oder jede Faser (14) allseitig von Trägermaterial umgeben wird.

10. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 6 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** in Zusammenhang mit Schritt d) die Scheiben (10) aus Trägermaterial mit mindestens einer darin eingebetteten Faser (14) übereinander angeordnet werden, insbesondere zu einem Ring bzw. Hohlzylinder gestapelt werden.
11. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 6 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** in Zusammenhang mit Schritt d) die Scheiben (10) derart gestapelt werden, dass die Fasern (14) der gestapelten Scheiben (10) in einen äußeren Abschnitt (17), in welchem das Trägermaterial ausschließlich vorliegt, zur festigkeitsoptimierenden Verzahnung von innerem Abschnitt (16) und äußerem Abschnitt (17) unterschiedlich weit hineinragen.
12. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 6 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** in Zusammenhang mit Schritt e) die gestapelten Scheiben (10) durch Diffusionsschweißen zusammengefügt werden.
13. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 6 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Scheiben (10) aus Trägermaterial mit mindestens einer darin eingebetteten Fasern (14) vor der Verbindung derselben mit anderen Scheiben auf Brüche in der oder jeder Faser und/oder auf Risse im Trägermaterial überprüft werden, und dass bei Feststellung eines Risses oder Bruchs die Scheibe verworfen wird.
14. Verwendung eines Verbundwerkstoffs nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, zur Herstellung von rotationssymmetrischen, ringförmigen oder schaufelförmigen Bauteilen mit integraler Beschaukelung, d.h. von sogenannten Blades Rings (Blings) oder Balded Disks (Blisks).

1/3

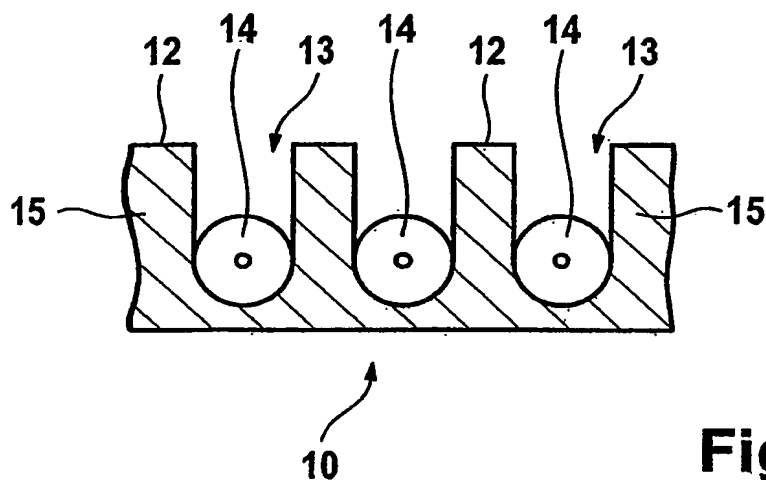


**Fig. 1**

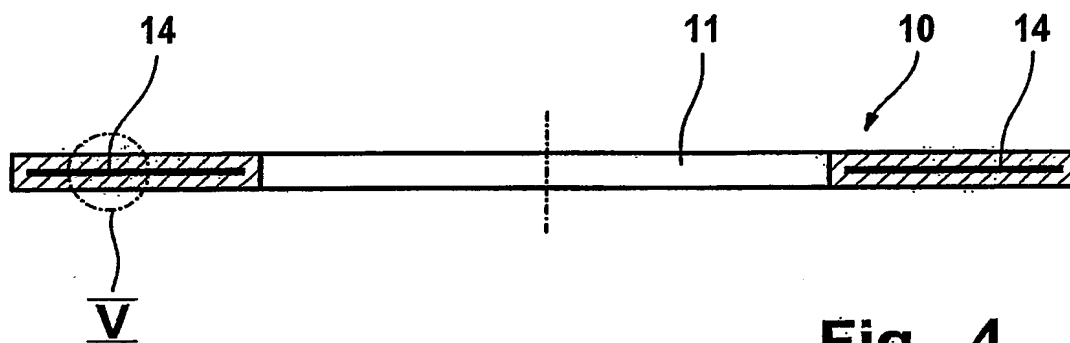


**Fig. 2**

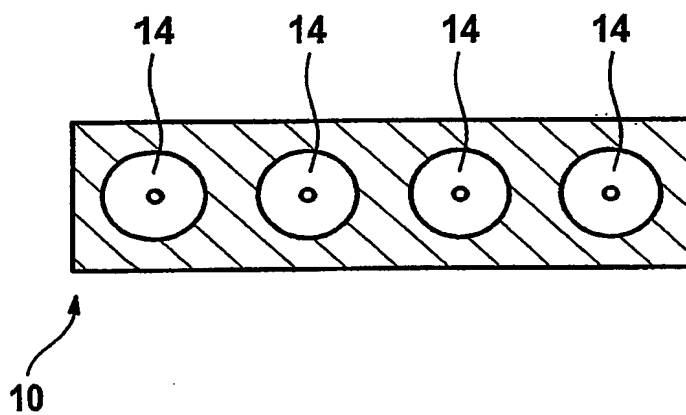
2/3



**Fig. 3**

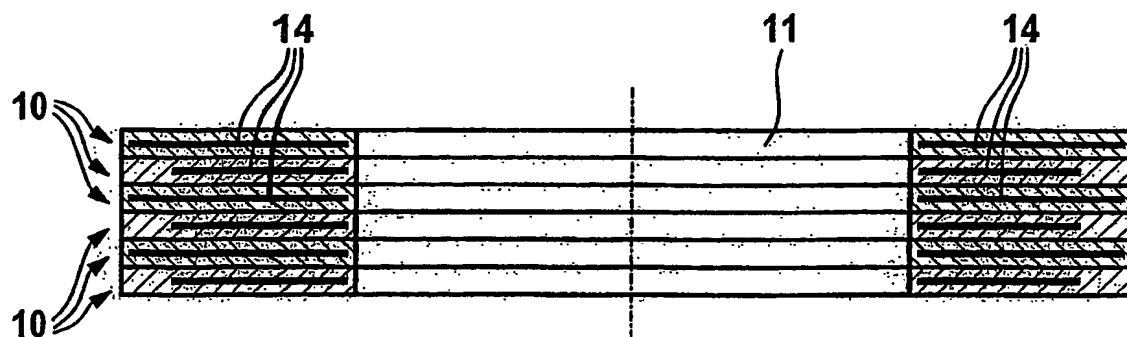


**Fig. 4**

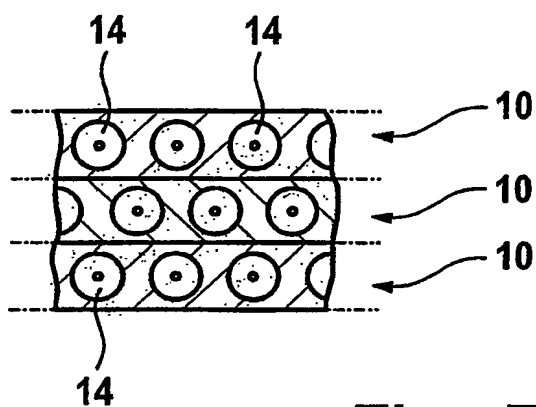


**Fig. 5**

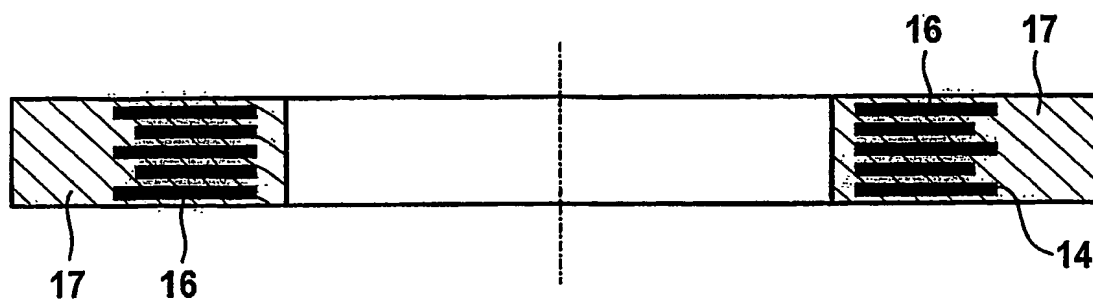
3/3



**Fig. 6**



**Fig. 7**



**Fig. 8**

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PC1/DE2004/002175

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 C22C47/00 C22C47/20

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 C22C B32B F01D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 909 826 A (TEXTRON SYSTEMS CORPORATION) 21 April 1999 (1999-04-21) cited in the application paragraphs '0002!, '0003!, '0020! - '0022!, '0047!, '0048!; figures 1,2,7	1-5
A	US 2002/031678 A1 (RESS ROBERT A ET AL) 14 March 2002 (2002-03-14) the whole document	1-14
A	US 3 419 952 A (CARLSON ROBERT G) 7 January 1969 (1969-01-07) the whole document	1-14
A	US 4 919 594 A (WRIGHT ET AL) 24 April 1990 (1990-04-24) the whole document	1-14
-/--		

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

### \* Special categories of cited documents:

\*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

\*E\* earlier document but published on or after the international filing date

\*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

\*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

\*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

\*Z\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

24 February 2005

Date of mailing of the international search report

02/03/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5618 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Rischard, M



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE2004/002175

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 490 629 A (AVCO CORPORATION) 17 June 1992 (1992-06-17) cited in the application -----	1-14
A	US 4 697 324 A (GRANT ET AL) 6 October 1987 (1987-10-06) cited in the application -----	1-14

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE2004/002175

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0909826	A	21-04-1999	US 5337940 A	16-08-1994
			EP 0909825 A1	21-04-1999
			EP 0909826 A1	21-04-1999
			DE 69325424 D1	29-07-1999
			DE 69325424 T2	09-12-1999
			DE 69331245 D1	10-01-2002
			DE 69331245 T2	11-07-2002
			DE 69331350 D1	24-01-2002
			DE 69331350 T2	08-08-2002
			EP 0587438 A1	16-03-1994
			JP 3492731 B2	03-02-2004
			JP 6212315 A	02-08-1994
			US 5427304 A	27-06-1995
US 2002031678	A1	14-03-2002	AU 9686801 A	26-03-2002
			WO 0222296 A2	21-03-2002
			US 2002029845 A1	14-03-2002
US 3419952	A	07-01-1969	NONE	
US 4919594	A	24-04-1990	US 4867644 A	19-09-1989
EP 0490629	A	17-06-1992	US 5431984 A	11-07-1995
			DE 69126285 D1	03-07-1997
			DE 69126285 T2	06-11-1997
			EP 0490629 A2	17-06-1992
			JP 3080742 B2	28-08-2000
			JP 4332639 A	19-11-1992
			US 5427304 A	27-06-1995
			US 5337940 A	16-08-1994
US 4697324	A	06-10-1987	CA 1259018 A1	05-09-1989
			DE 3535070 A1	12-06-1986
			FR 2574342 A1	13-06-1986
			GB 2168032 A ,B	11-06-1986
			IT 1200823 B	27-01-1989
			JP 1909181 C	09-03-1995
			JP 6026810 B	13-04-1994
			JP 61139407 A	26-06-1986

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2004/002175

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 C22C47/00 C22C47/20

Nach der internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 C22C B32B F01D

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 909 826 A (TEXTRON SYSTEMS CORPORATION) 21. April 1999 (1999-04-21) in der Anmeldung erwähnt Absätze '0002!, '0003!, '0020! - '0022!, '0047!, '0048!; Abbildungen 1,2,7	1-5
A	US 2002/031678 A1 (RESS ROBERT A ET AL) 14. März 2002 (2002-03-14) das ganze Dokument	1-14
A	US 3 419 952 A (CARLSON ROBERT G) 7. Januar 1969 (1969-01-07) das ganze Dokument	1-14
A	US 4 919 594 A (WRIGHT ET AL) 24. April 1990 (1990-04-24) das ganze Dokument	1-14
-/-		

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

24. Februar 2005

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

02/03/2005

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Rischard, M

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2004/002175

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 490 629 A (AVCO CORPORATION) 17. Juni 1992 (1992-06-17) in der Anmeldung erwähnt -----	1-14
A	US 4 697 324 A (GRANT ET AL) 6. Oktober 1987 (1987-10-06) in der Anmeldung erwähnt -----	1-14

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2004/002175

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0909826	A	21-04-1999	US 5337940 A 16-08-1994
		EP 0909825 A1	21-04-1999
		EP 0909826 A1	21-04-1999
		DE 69325424 D1	29-07-1999
		DE 69325424 T2	09-12-1999
		DE 69331245 D1	10-01-2002
		DE 69331245 T2	11-07-2002
		DE 69331350 D1	24-01-2002
		DE 69331350 T2	08-08-2002
		EP 0587438 A1	16-03-1994
		JP 3492731 B2	03-02-2004
		JP 6212315 A	02-08-1994
		US 5427304 A	27-06-1995
US 2002031678	A1	14-03-2002	AU 9686801 A 26-03-2002
			WO 0222296 A2 21-03-2002
			US 2002029845 A1 14-03-2002
US 3419952	A	07-01-1969	KEINE
US 4919594	A	24-04-1990	US 4867644 A 19-09-1989
EP 0490629	A	17-06-1992	US 5431984 A 11-07-1995
		DE 69126285 D1	03-07-1997
		DE 69126285 T2	06-11-1997
		EP 0490629 A2	17-06-1992
		JP 3080742 B2	28-08-2000
		JP 4332639 A	19-11-1992
		US 5427304 A	27-06-1995
		US 5337940 A	16-08-1994
US 4697324	A	06-10-1987	CA 1259018 A1 05-09-1989
		DE 3535070 A1	12-06-1986
		FR 2574342 A1	13-06-1986
		GB 2168032 A , B	11-06-1986
		IT 1200823 B	27-01-1989
		JP 1909181 C	09-03-1995
		JP 6026810 B	13-04-1994
		JP 61139407 A	26-06-1986